FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNÉE 1967

THÈSE

734

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLOME D'ÉTAT)

PAR

Paul CHARTIER

Interne des Hôpitaux de Paris

Né le 1er Janvier 1936, à Chauray (Deux-Sèvres)

Présentée et soutenue publiquement le 196

Recherches expérimentales sur la vascularisation des anastomoses bronchiques Contribution à l'étude de la greffe pulmonaire

Président : M. BAUMANN, Professeur

IMPRIMERIE
R. FOULON & Cie
29, Rue Deparcieux, 29
PARIS — 1967

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNÉE 1967

THÈSE

N°

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLOME D'ÉTAT)

PAR

Paul CHARTIER

Interne des Hôpitaux de Paris

Né le 1er Janvier 1936, à Chauray (Deux-Sèvres)

Présentée et soutenue publiquement le 196

Recherches expérimentales sur la vascularisation des anastomoses bronchiques Contribution à l'étude de la greffe pulmonaire

Président : M. BAUMANN, Professeur

IMPRIMERIE
R. FOULON & Cie
29, Rue Deparcieux, 29
PARIS — 1967

PROFESSEURS HONORAIRES

MM. Alajouanine (T.), Bénard (H.), Bernard (E.), Binet (L.), Bulliard (H.), Cathala (J.), Chabrol (E.), Chailley-Bert (P.), Cheymol (J.), Debré (R.), Fey (B.), Galliard (H.), Gaudart d'Allaines (F. de), Gennes (L. de), Giroud (A.), Hazard (R.), Heuyer (G.), Laroche (G.), Lavier (G.), Lelong (M.), Lévy (Mlle J.), Lévy-Solal (E.), Lian (C.), Marchal (G.), Mathieu (P.), Monod (R.), Moreau (R.), Moulonguet (P.), Pasteur Vallery-Radot, Petit-Dutaillis (D.), Piédelièvre (R.), Quénu (J.), Renard (G.), Senèque (J.), Strohl (A.), Tanon (L.), Verne (J.).

Doyen : Georges BROUET

1er assesseur : Daniel BARGETON — 2e assesseur : Jean GOSSET

I. — PROFESSEURS

1° CHAIRES DE SCIENCES FONDAMENTALES

a) Professeurs titulaires :

	MM.
Anatomie	Delmas (A.)
—	Huard (P.)
Anatomie et cytologie path.	Delarue (J.)
Anesthésiologie	Vourc'h (G.)
Bactériologie et virologie	Tournier (P.)
Biochimie médicale	Jayle (M.-F.)
—	Polonovski (J.)
—	Desgrez (P.)
Biologie appl. à l'Education physique et aux Sports	Malmejac (J.)
Biologie médicale	Fauvert (R.)
Biophysique médicale	Bugnard (L.)
—	Dognon (A.)
—	Djourno (A.)
Cancérologie expérimentale	Mathé (G.)
Chimie pathologique	Schapira (G.)
Génétique fondamentale	Lejeune (J.)
Histoire de la médecine et de la chirurgie	Coury (Ch.)
Histologie et Embryologie	Tuchmann-Duplessis (H.)
— —	Coujard (R.)
Hygiène et méd. préven.	Boyer (J.)
Médecine du Travail	Desoille (H.)
Médecine légale, Droit méd. et déontologie	Derobert (L.)
Microbiologie (Bactériol. et virologie)	Fasquelle (R.)
Parasitologie	N...
Pathologie chirurgicale	Laurence (G.)
—	Kuss (R.)
—	Verne (J.-M.)
Pathologie exotique	Brumpt (L.-C.)
Pathologie expér. et comp.	Merklen (F.-P.)
Pathologie médicale	Laroche (Cl.)
—	Bricaire (H.)
—	Péquignot (H.)
Pathologie respiratoire	Turiaf (J.)
Pathologie et thér. génér.	Maurice (P.)
Pharmacologie	Boissier (J.-R.)
—	Lechat (P.)
Physiologie	Bargeton (D.)
—	Parrot (J.)
Physiologie et path. obst.	Lepage (F.)
Radiologie médicale	Desgrez (H.)
Technique chirurgicale et Chirurgie expérimentale	N...
Thérapeutique	Lamotte (M.)
Thérapeutique appliquée	N...

b) Professeurs a titre personnel :

Anatomie	Cabrol (Ch.)
Anatomie anthropologique	Olivier (G.)
Anatomie pathologique	Nezelof (Ch.)
Bactériologie	Barbier (P.)
Biochimie médicale	Dreyfus (J.-Cl.)
Biologie médicale	Bourlière (F.)
Parasitologie	Larivière (M.)
Pathologie expérimentale	Loeper (J.)
Physiologie	Dejours (P.)
	Scherrer (J.)
Physique médicale	Kellershohn (L.)
	Gougerot (L.)
	Roucayrol (J.-Cl.)
	Tubiana (M.)
Radiologie médicale	Fischgold (H.)

UNIV. LEIDEN BIBL.

2° CHAIRES DE SCIENCES CLINIQUES

a) Professeurs titulaires :

	MM.
Cliniques :	
— carcinologique	Denoix (P.)
— carcinologique chirurg. (Necker)	Redon (H.)
— cardiol. (Broussais) ..	Soulié (P.)
— cardiol. (Boucicaut) ..	Lenègre (J.)
— chirurgicales : *Beaujon :* Baumann (J.) - *Cochin :* Leger (L.) - *Hôtel-Dieu :* Patel (J.) - *Saint-Antoine :* Gosset - *Salpêtrière :* Sicard (A.) - *Tenon :* Olivier (Cl.).	Lortat-Jacob (J.-L.) ;
— chirurg. orthopéd. et traumatol. (Cochin) ..	Merle d'Aubigné (R.)
— chirurg. orthopéd. et traumatol. (Foch)	Padovani (P.)
— chirurg. orthopéd. et traumatol. (Beaujon) ..	Cauchoix (J.)
— chirur. infant. et orthop. (Enfants-Malades)	Fèvre (M.)
— chirurgie cardio-vascul. (Broussais)	Dubost (Ch.)
— chir. thorac. (Laennec).	Mathey (J.)
— dermatol. (Saint-Louis).	Duperrat (F.)
— endocrinolog. (Pitié) ..	Decourt (J.)
— Génét. médic. (Enfants-Malades)	Lamy (M.)
— chir. et gynéc. (Broca)	Huguier (J.)
— maladies cutanées et syphilit. (Saint-Louis) .	Degos (R.)
— maladies des enfants (Enfants-Malades)	Turpin (R.)
— malad. infect. (Claude-Bernard)	Mollaret (P.)
— malad. mentales et de l'encéph. (Sainte-Anne)	Delay (J.)
— maladies du sang (Broussais)	Bernard (J.)
— malad. du système nerveux (Salpêtrière)	Castaigne (P.)
— médicales : *Bicêtre :* Deparis (M.) - *Broussais :* Milliez (P.) - *Cochin :* N... - *Hôtel-Dieu :* Bariéty (M.) - *Pitié :* Dreyfus (G.) - *Saint-Antoine :* Conte (M.) ; Kourilsky (R.) ; Boudin (G.).	
— d'hydrologie et de climatologie (Bichat) ...	Debray (Ch.)
— médicale infantile et pédiatrie sociale (Enfants-Malades)	Marie (J.)
— médicale propédeutique (Broussais)	Justin-Besançon (L.)
— médico-sociale du diabète sucré et des maladies métabol. (Hôtel-Dieu)	Derot (M.)
— néphrologique (Necker)	Hamburger (J.)
— neuro-chirurgie (Pitié) .	David (M.)
— neurolog. (Salpêtrière) .	Garcin (R.)
— obstétricales : *Baudelocque :* Lacomme (M.) - *Saint-Antoine :* Merger (R.).	
— obstétricale et gynécol. (Port-Royal)	Varangot (J.)
— ophtalmol. (Hôtel-Dieu)	Offret (G.)
— ophtalmolog. (Cochin).	Bregeat (P.)
— oto-rhino-laryngologique (Lariboisière)	Aubry (M.)
— pédiatrie (Trousseau) .	Mozziconacci (P.)
— pédiatrie et de puéricul. (Saint-Vincent-de-Paul)	Thieffry (S.)
— pneumo-phtisiologie (Laennec)	Brouet (G.)
— neuro-psychiatrie infantile (Salpêtrière)	Michaux (L.)
— rhumatologie médicale et sociale (Cochin) ..	Coste (F.)
— rhumatol. (Lariboisière)	Sèze (S. de)
— stomatol. (Salpêtrière) .	Dechaume (M.)
— thérap. chirur. (Vaugirard)	Roux (M.)
— thérapeutique médicale (Saint-Antoine)	Lemaire (A.)
— toxicologique (Widal) .	Gaultier (M.)
— traumat. et orthopédique (R. Poincaré)	Judet (R.)
— urologique (Cochin) ..	Aboulker (P.)
— urologique (Necker) ..	Couvelaire (R.)
Hygiène et clinique de la 1re enfance (Trousseau)	Laplane (R.)
Séméiologie médicale (A. Chantin)	Domart (A.)
— (Lariboisière)	Bouvrain (Y.)
— (Pitié)	Rambert (P.)
— (Rothschild)	Wolfromm (R.)
Séméiologie et clinique chirurgicales (Broussais) .	Poilleux (F.)

b) Professeurs a titre personnel :

Hématologie	André (R.)
	Bousser (J.)
Hydrologie et climatologie	Giberton (A.)
Maladies infectieuses ...	Bastin (R.)
Médecine : Azerad (E.) ; Bour (H.) ; Caroli (J.) ; Dreyfus (B.) ; Grossiord (A.) ; Lambling (A.) ; Launay (Cl.) ; Payet (M.) ; Perrault (M.) ; Siguier (F.) ; Worms (R.).	
Néphrologie	Richet (G.)
Neuro-chirurgie	Le Beau (J.)
Neurologie	Lhermitte (F.)
Neuro-psychiatrie	Pichot (P.)
Oto-Rhino-Laryngologie .	Maduro (R.)
Pédiatrie	Polonovski (Cl.)
	Royer (P.)
Pneumo-Phtisiologie	Kreis (B.)
	Meyer (A.)
Rhumatologie	Delbarre (F.)

II. — PROFESSEURS SANS CHAIRE

	MM.
Anatomie pathologique ..	GOUYGOU (Ch.)
Bactériologie	CHRISTOL (D.)
Biochimie médicale	CARTIER (P.)
	GONNARD (P.)
	NORDMANN (J.)
Biologie médicale	HARTMANN (L.)
Chirurgie	CERBONNET (G.)
Hématologie	BILSKI-PASQUIER (G.)

	MM.
Maladies infectieuses	DUPONT (V.)
Neuro-psychiatrie	TARDIEU (G.)
Pédiatrie	ROSSIER (A.)
Physique médicale	COURSAGET (J.)
	GREMY (F.)
Physiologie	GIRARD (Fr.)
Stomatologie	CHAPUT (Mme A.)

III. — PROFESSEURS DÉTACHÉS DANS LES UNIVERSITÉS ÉTRANGÈRES

Bactériologie : M. HAUDUROY (P.), *pr. s. ch.*

Pathologie chirurgicale : M. RUDLER (J.), *pr. s. ch*

IV. — PROFESSEURS ASSOCIÉS

Hormonologie ..... MORICARD (R.)

Statistique médicale et épidémiologique ..... SCHWARTZ (D.)

Secrétaire général de la Faculté : M. LENA (J.).
Conseiller administratif : Mlle CHAINTREUIL (G.).
Conservateur en Chef de la Bibliothèque, Conservateur du Musée d'Histoire de la Médecine : M. le Docteur HAHN (A.).

Conservateurs : Mlles DUMAITRE (P.), LAURENT (H.), LE NOIR (G.).
Bibliothécaires : Mmes CONTET (J.), FORGET (F.), Mlles DUROSOY (M.-F.), ROBERGE (D.), Docteur SCHILLER (J.).

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

A MA FAMILLE

A MES AMIS

A Monsieur le Professeur J. BAUMANN

Professeur de Clinique Chirurgicale
à la Faculté de Médecine de Paris
Directeur de l'Institut d'Anesthésiologie
de la Faculté de Médecine de Paris
Officier de la Légion d'Honneur

Qui m'a fait l'honneur d'accepter la présidence de cette thèse.

Il m'a ouvert son laboratoire et m'a permis de réaliser ce travail.

Qu'il veuille bien trouver ici l'expression de ma respectueuse reconnaissance.

A Monsieur le Docteur H. MILHIET

Qui m'a inspiré le sujet de cette thèse et m'a aidé dans ce travail.

Je le prie de croire à ma reconnaissance et à mon amitié fidèle et dévouée.

A Monsieur le Professeur Ch. DUBOST

Professeur de Clinique de Chirurgie Cardio-Vasculaire

Qui a bien voulu m'accueillir dans son Service.

Qu'il veuille bien agréer l'expression de ma respectueuse gratitude.

A Monsieur le Professeur Agrégé G. THOMERET

Chirurgien des Hôpitaux

Qu'il veuille bien agréer l'expression de mon respectueux attachement.

A Monsieur le Docteur C. NARDI

Chirurgien des Hôpitaux

En témoignage de ma profonde admiration et de ma gratitude pour l'affectueux soutien qu'il m'a toujours apporté.

A Monsieur le Docteur H. BILLET

Chirurgien des Hôpitaux

En hommage respectueux.

A Monsieur le Professeur Agrégé J. VAYSSE

Qui m'a séduit par la précision de ses gestes et la qualité de son enseignement.

Qu'il veuille bien accepter l'expression de mon amicale reconnaissance.

A Monsieur le Professeur Agrégé Cl. DUBOST

Chirurgien des Hôpitaux

Qu'il soit remercié ici de son enseignement amical.

A Monsieur le Docteur J. VALIDIRE

Chirurgien des Hôpitaux

En remerciement de ses conseils, de son aide amicale et de tout ce qu'il m'a appris.

A Monsieur le Professeur N. MARCENAC

Qui m'a permis de travailler dans son laboratoire à l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort.

Qu'il veuille bien trouver ici le témoignage de ma respectueuse gratitude.

A Monsieur le Professeur Agrégé A. RENAULT

Auquel revient l'interprétation histologique de ce travail.

Qu'il soit remercié ici de son aide précieuse.

A Monsieur le Docteur P. DRUTEL

En remerciement des conseils qu'il m'a donnés.

A MES AUTRES MAITRES DANS LES HOPITAUX

Externat :

Monsieur le Doyen G. CORDIER (*in memoriam*)

Monsieur le Professeur R. BOULIN (*in memoriam*)

Monsieur le Professeur G. BOUDIN

Internat :

Monsieur le Professeur C. CABROL

Messieurs les Professeurs Agrégés,

Ph. BLONDEAU - J.-P. CACHERA - B. DEBESSE

H. GARNIER - C. DE GAUDART D'ALLAINES

M. LACOMBE - A. MOULONGUET - A. PIWNICA

Depuis plus de quinze ans, de très nombreuses opérations d'auto ou d'homogreffes pulmonaires expérimentales ont été entreprises par de nombreuses équipes dans le monde. Les techniques utilisées ont été dans l'ensemble assez semblables ; la circulation pulmonaire fonctionnelle a été rétablie par des anastomoses portant sur l'artère pulmonaire, les veines pulmonaires ou l'oreillette gauche ; la circulation aérienne a été rétablie par une anastomose au niveau de la bronche souche, faite pour les uns près de la carène, pour les autres près de l'épanouissement bronchique ; par contre, la circulation bronchique, circulation nourricière du poumon, n'a pas été rétablie.

La mortalité de ces interventions a été importante dans toutes les séries ; les causes de la mort ont été les hémorragies, les thromboses vasculaires surtout et quelquefois les fistules bronchiques. Les complications tardives observées ont été surtout, en dehors de la réaction de rejet, des sténoses cicatricielles de l'anastomose bronchique.

Cependant des centaines de greffes pulmonaires expérimentales parfaitement réussies ont été publiées ; dans ces greffes réussies, la perméabilité des anastomoses vasculaires est mise en évidence par l'angiographie et celle de l'anastomose bronchique par la bronchoscopie ; l'existence d'une fonction pulmonaire suffisante du greffon est démontrée par la bronchospirométrie séparée ; des ligatures de l'artère pulmonaire opposée, des pneumonectomies contro-latérales ont prouvé que des chiens pouvaient vivre longtemps uniquement avec leur poumon autogreffé.

Au cours d'une expérimentation sur les greffes de poumon que nous avons réalisée avec le Docteur MILHIET, dans le Laboratoire de Chirurgie Expérimentale du Professeur MARCENAC à l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, nous nous sommes demandés quels processus, dans ces greffes réussies, permettaient la conservation de la vitalité d'un greffon pulmonaire privé de sa circulation nourricière bronchique et, en particulier, quels processus permettaient la bonne cicatrisation d'une anastomose bronchique dont la tranche inférieure n'était plus vascularisée.

Il ne nous semble pas que les différents expérimentateurs se soient beaucoup préoccupés de répondre à cette question. Dans la plupart des publications concernant la greffe pulmonaire, la circulation nourricière n'est pas évoquée. Le problème de la suppression de la circulation artérielle bronchique ne semble guère avoir intéressé les expérimentateurs que dans la mesure où elle entraîne des modifications de la physio-pathologie du greffon. Pourtant, en 1950, MÉTRAS rapporte une série de cinq chiens où l'homogreffe comporte le rétablissement de la circulation artérielle bronchique par l'intermédiaire d'un fragment aortique qui est branché sur l'artère sous-clavière gauche. A notre connaissance, cet opérateur est le seul à avoir tenté de rétablir la circulation nourricière. Depuis cette première et unique tentative, des centaines de greffes pulmonaires ont été réussies malgré l'absence de circulation bronchique.

Il nous a paru intéressant d'essayer de savoir quels processus pouvaient participer à l'oxygénation d'un poumon greffé.

Avec le Docteur MILHIET, nous avons entrepris un travail expérimental qui nous a permis de mettre en évidence que, dans un greffon bronchique, l'anastomose et la portion extra-pulmonaire de la bronche étaient vascularisées par l'existence d'une néo-circulation franchissant la zone anastomotique.

Ce travail expérimental a été réalisé dans le Laboratoire de l'Institut d'Anesthésiologie (Professeur BAUMANN, Professeur VOURC'H). L'interprétation anatomo-pathologique des pièces a été confiée au Professeur Agrégé RENAULT que nous remercions de sa précieuse collaboration.

Cette thèse comportera une première partie qui sera une étude critique des processus d'oxygénation et de nutrition des différentes structures d'un poumon normal. Puis nous exposerons notre technique expérimentale, nos résultats et nos déductions.

Oxygénation et nutrition des éléments cellulaires et tissulaires qui constituent le poumon normal

La structure d'un poumon comporte :

— un parenchyme composé essentiellement par les alvéoles et les capillaires ;

— des axes broncho-vasculaires qui constituent le squelette fibreux. Ces axes broncho-vasculaires ont une portion extra et une portion intra-pulmonaire.

« Un point essentiel de l'anatomie du poumon est qu'à l'intérieur de l'organe, les collatérales bronchiques et artérielles sont satellites. Elles ont des trajets communs et elles aboutissent à des territoires également communs. Les bronches et les artères sont entourées d'une même gaine fibreuse. » (POLICARD.)

Le parenchyme pulmonaire assure les échanges gazeux. Les axes broncho-vasculaires véhiculent les éléments indispensables à l'élaboration de la fonction du parenchyme.

La distinction entre le parenchyme et les axes broncho-vasculaires est primordiale lorsque l'on considère leurs besoins nutritifs et surtout leurs besoins en oxygène.

I. — LE PARENCHYME PULMONAIRE

Le parenchyme est essentiellement composé par les alvéoles et les capillaires pulmonaires. Il convient d'étudier également dans ce chapitre les artérioles, les précapillaires, les bronchioles terminales et les canaux alvéolaires.

A) La paroi alvéolaire

Elle est formée essentiellement par une membrane d'apparence homogène, des cellules alvéolaires et les parois des capillaires sanguins. A l'intérieur de la membrane, on a pu mettre en évidence des fibrilles de réticuline, des fibres collagènes et élastiques unies par une substance fondamentale. Cette substance fondamentale supporte les cellules alvéolaires et entoure les capillaires sanguins. L'épaisseur de la couche qui sépare les cellules endothéliales de l'air alvéolaire est extrêmement mince, de l'ordre du micron. Les échanges gazeux se font à travers cette membrane. On conçoit donc que les cellules endothéliales puissent aisément prendre dans l'air alvéolaire l'oxygène dont elles ont besoin. Le sang qui arrive à l'intérieur du capillaire est pauvre en oxygène et il ne doit en principe participer à l'oxygénation des cellules épithéliales que lorsque les alvéoles ne sont plus ventilées. En fait, nous verrons ultérieurement que le sang qui circule dans les capillaires peut déjà être artérialisé lors de son passage dans les artérioles et les précapillaires.

On peut également penser que les quelques éléments cellulaires et les structures péri-alvéolaires prennent dans l'alvéole l'oxygène qui leur est nécessaire.

B) Les artérioles et les précapillaires

Ils se situent au niveau des bronchioles et des canaux alvéolaires.

Les artérioles ont une paroi mince à prédominance élastique. Cette paroi se compose d'un épithélium, d'une membrane élastique interne, d'une média extrêmement mince et d'une membrane élastique externe. La média disparaît progressivement et les deux couches élastiques se fusionnent. Les artérioles sont en contact intime avec le parenchyme alvéolaire.

Les précapillaires ont une paroi constituée d'un endothélium et de fibrilles collagènes. Les précapillaires sont directement au contact des alvéoles et ils peuvent participer aux échanges gazeux au même titre que les capillaires sanguins. On peut donc admettre que l'oxygénation des éléments cellulaires des artérioles, des canaux alvéolaires et des bronchioles terminales puisse se faire à partir de l'air alvéolaire par un simple processus de diffusion.

Staub et Storey ont constaté que le sang des artérioles présentait l'aspect rouge du sang oxygéné. L'artérialisation du sang peut donc se faire avant les capillaires. On voit également que les artères pulmonaires fournissent des capillaires aux bronchioles terminales.

Puisque le sang des artérioles pulmonaires peut être artérialisé, on comprend aisément que l'oxygénation des éléments terminaux de l'arbre bronchique puisse se faire sans la circulation bronchique. D'ailleurs, les rameaux des artères bronchiques ne dépassent pas les bronchioles terminales. Ils disparaissent à ce niveau en s'intriquant avec les capillaires pulmonaires.

II. — LES AXES BRONCHO-VASCULAIRES

Les bronches et les artères pulmonaires participent à la constitution de l'armature fibreuse du poumon.

> « La nutrition des gaines broncho-vasculaires est assurée par l'artère bronchique. Elle nourrit non seulement la bronche, mais aussi la paroi artérielle. » (POLICARD.)

Il ne semble pas exister de différence importante entre la circulation artérielle nourricière du poumon de l'homme et celle du poumon de mammifères (CAMARRI). Nous avons cependant remarqué que le réseau des artères bronchiques du chien était extrêmement développé.

La circulation bronchique est constituée par une circulation artérielle d'apport et une circulation veineuse de retour. Ce schéma extrêmement simple a été compliqué par la découverte d'anastomoses mettant en communication les circulations nourricière et fonctionnelle du poumon. Cette découverte a donné lieu à de multiples discussions. En fait, le problème se complique surtout lorsque l'on envisage les états pathologiques.

La complexité relative de la circulation nourricière du poumon doit, sur le plan pratique, faire discuter trois points :

A) Les artères bronchiques.

B) La circulation de retour du sang bronchique.

C) Les anastomoses entre les deux circulations bronchique et pulmonaire.

A) Les artères bronchiques

1) La circulation artérielle bronchique principale :

L'origine des artères bronchiques est extrêmement variable ; elle peut se faire soit directement à partir de l'aorte, soit par l'intermédiaire d'une branche quelconque (œsophagienne, sous-clavière, etc.). Mais dans tous ces cas, les artères bronchiques ont une distribution intra-pulmonaire semblable à celle des artères bronchiques typiques. Le nombre et la disposition initiale des artères bronchiques sont également variables ; elles ne rejoignent les bronches qu'à une certaine distance de la carène : chez l'homme, elles atteignent la bronche droite à 1,5 cm et la gauche à 2 cm de la bifurcation trachéale. Elles

cheminent ensuite dans le tissu péribronchique et elles se divisent en même temps que les bronches qu'elles accompagnent jusqu'aux bronchioles terminales. A ce niveau, le réseau capillaire bronchique s'intrique avec les capillaires pulmonaires.

2) La circulation artérielle bronchique accessoire :

Ce sont certains vaisseaux de petit calibre et de siège variable que l'on rencontre en complément d'une circulation artérielle dont l'importance et la distribution sont normales. Les rameaux artériels qui constituent la circulation bronchique accessoire naissent de l'aorte ou de l'une quelconque de ses branches grosse ou petite. Le trajet et la répartition de ces vaisseaux sont excessivement variables. Il est d'ailleurs probable que, dans le poumon normal, l'importance de cette circulation complémentaire est extrêmement réduite.

Au cours de leur trajet extra-pulmonaire, les artères bronchiques donnent de nombreuses artérioles pour l'œsophage, les ganglions médiastinaux, le pneumogastrique, le péricarde et la plèvre médiastinale. Les artères bronchiques réalisent surtout la vascularisation nourricière de la bifurcation trachéale, des bronches et des axes broncho-vasculaires du poumon.

L'irrigation de la bifurcation trachéale et des premiers centimètres des bronches souches est assurée par trois groupes de rameaux qui viennent des artères bronchiques droite et gauche :

— un groupe monte à la face postérieure de la trachée ;

— un groupe longe le bord inférieur de la carène ;

— un groupe se distribue à la face antérieure de la bifurcation.

Il faut noter que le réseau vasculaire est également important à la surface de la paroi bronchique où il existe des anastomoses entre les différentes artères bronchiques et leurs ramifications. Les vaisseaux qui relient les artères bronchiques ont un trajet vertical ou oblique le long de la face membraneuse. Des branches médiastinales viennent également participer à la vascularisation du segment extra-pulmonaire des grosses bronches.

Les bronches extra-pulmonaires sont irriguées par des rameaux qui, nés à intervalles variables de l'artère bronchique, pénètrent dans la paroi en traversant la tunique fibro-élastique. Le point de pénétration est situé entre deux cartilages. Les rameaux se dirigent alors transversalement dans l'espace inter-cartilagineux où ils vont donner des ramifications qui contribuent à former un double réseau capillaire intra-bronchique.

Dans leur segment intra-pulmonaire, les artères bronchiques vont irriguer le tissu interstitiel, les structures nerveuses et lymphatiques, et fournir les vasa vasorum des artères et des veines pulmonaires.

Elles fournissent surtout la vascularisation des bronches. Des rameaux pénètrent à intervalles réguliers à l'intérieur de la paroi où ils vont se résoudre en deux réseaux capillaires : l'un dans la sous-muqueuse, l'autre au contact de la membrane basale de l'épithélium.

B) La circulation de retour du sang bronchique

Elle prend ses origines dans le plexus intra-muqueux, sous l'épithélium de la paroi bronchique. Des branches le relient au plexus sous-muqueux, situé entre la muqueuse et la couche fibro-cartilagineuse. Ce plexus est très développé dans les petites bronches où il constitue un agent de laxité dans la sous-muqueuse.

Au niveau des grosses bronches, jusqu'à la troisième division, le sang des plexus veineux s'évacue dans les veines bronchiques qui gagnent la veine azygos, une veine intercostale ou la veine cave.

A partir des bronches moyennes, les plexus veineux gagnent les veines pulmonaires. Il en résulte que le territoire des veines bronchiques est moins étendu que celui des artères. Les veines bronchiques drainent un tiers et les veines pulmonaires deux tiers du sang apporté par les artères bronchiques.

C) Anastomoses artério-artérielles

On a décrit différents types d'anastomoses vasculaires à l'intérieur du poumon normal. Nous ne retiendrons ici que les anastomoses artério-artérielles entre la circulation bronchique et la circulation pulmonaire. Ce sont les seules qui, à notre avis, peuvent avoir un rôle nourricier.

C'est RUYSCH qui, le premier, a décrit des anastomoses entre les artères bronchiques et les artères pulmonaires. Depuis ces travaux, l'existence de ces anastomoses a été tantôt affirmée, tantôt controversée. Nous ne retiendrons à ce sujet que quelques constatations récentes. Pour DELARUE, les anastomoses artério-artérielles peuvent se présenter comme une artère bronchique normale ou bien avoir une épaisse couche musculaire longitudinale. WOOD et MILLER nient leur existence dans le poumon normal. CUDKOWICZ et ARMSTRONG admettent la possibilité de connexions artérielles par l'intermédiaire des vasa vasorum qui cheminent dans la paroi des artères pulmonaires où ils peuvent se jeter.

Camarri et Marini reconnaissent la possibilité de connexions diffuses intra-parenchymateuses. Leur existence peut être démontrée directement par le fait qu'un produit coloré injecté dans la circulation bronchique est retrouvé dans la circulation pulmonaire. Les injections de substances radio-opaques et les moulages plastiques peuvent mettre en évidence des anastomoses entre les deux systèmes vasculaires. Les interprétations sont rendues délicates par l'existence de superpositions sur les clichés radiologiques. Des risques considérables d'erreur sont liés aux techniques d'injection des résines plastiques.

Policard admet l'existence d'anastomoses entre les circulations bronchique et pulmonaire, et il insiste surtout sur les artères de barrage qui peuvent régler le flux du sang entre les vaisseaux qu'elles relient. La paroi des artères de barrage, bien étudiées par Hayek, est caractérisée par une couche musculaire longitudinale interne très développée. La zone musculaire externe formée de cellules circulaires est très peu développée. Le relâchement ou la contraction de la couche musculaire longitudinale autorise ou interrompt le passage du sang entre la circulation nourricière et la circulation fonctionnelle. Dans les conditions habituelles, le gradient de pression fait passer le sang de l'artère bronchique vers l'artère pulmonaire, c'est-à-dire que du sang oxygéné se mélange à du sang désaturé.

Les effets de l'interruption de la circulation artérielle bronchique.

L'arrêt total de la circulation artérielle bronchique est difficile à réaliser parce que les artères bronchiques sont anastomosées avec les artères du médiastin et parce que, à l'intérieur de la paroi de la bronche, il existe un double réseau capillaire nourricier. Les techniques les plus complètes qui ont été utilisées ont comporté une dissection du pédicule pulmonaire avec section des artères bronchiques et ligature de la bronche souche. On conçoit que l'observation des conséquences de la suppression de la circulation bronchique soit modifiée par la ligature de la bronche. Ellis obture les artères bronchiques par injection d'acétate de vinyl. Les expériences ont démontré que la ligature des artères bronchiques est sans effet sur le parenchyme pulmonaire et sur les bronches au-delà des premiers centimètres après la première bifurcation ; pour obtenir une gangrène ischémique du poumon, il faut lier simultanément l'artère pulmonaire et les artères bronchiques ou les veines pulmonaires et les artères bronchiques.

Chez l'homme, on a pu observer des sections des artères bronchiques au cours d'interventions chirurgicales. L'absence d'altérations pulmonaires est expliquée par ce que nous savons des possibilités d'oxygénation du parenchyme et par les connexions qui existent entre

les artères pulmonaires et les artères bronchiques. L'absence de lésions sur la portion extra-pulmonaire des bronches est facile à comprendre, car la vascularisation est assurée par des vaisseaux venant du médiastin et le réseau nourricier intra-pariétal.

Les ruptures traumatiques des bronches peuvent entraîner des lésions des artères bronchiques. Les incidences de ces traumatismes sur la circulation nourricière du poumon ne semblent pas avoir été étudiées. On a décrit dans quelques cas la survenue d'un important réseau anastomotique broncho-pulmonaire, mais sans en fournir l'explication pathogénique.

Les résections-anastomoses pour tumeur bronchique réalisent un arrêt probablement total de la circulation nourricière à l'intérieur du lobe restant. D'une part, ces opérations ne semblent pas donner lieu à des lésions sur le segment bronchique réimplanté ; d'autre part, l'anastomose cicatrise le plus souvent dans de bonnes conditions.

La transplantation pulmonaire est la seule opération qui réalise un arrêt complet de la circulation nourricière (circulation principale et accessoire) puisque, rappelons-le, la greffe d'un poumon néglige le rétablissement de la circulation artérielle bronchique.

Dans de rares publications, le rôle nourricier des artères bronchiques est évoqué à propos de la confection de l'anastomose bronchique. Guiraudon constate que « l'anastomose bronchique cicatrise malgré le sacrifice de la circulation bronchique ». De Bono fait son anastomose bronchique près du hile pour conserver un long segment bronchique extra-pulmonaire bien vascularisé. Guilmet, au contraire, fait son anastomose au plus près de la carène pour diminuer les risques de sténose : les fistules bronchiques ne sont pas plus fréquentes dans son expérimentation que dans la précédente.

Il est surprenant de constater que l'absence de circulation nourricière n'a aucun effet sur la vitalité du poumon. On sait par les constatations anatomiques et histo-physiologiques que le parenchyme peut prendre dans l'air alvéolaire l'oxygène dont ses cellules ont besoin. Mais au niveau des travées fibreuses, l'arrêt de la circulation artérielle bronchique supprime les possibilités d'oxygénation. Ceci est indiscutable pour le segment bronchique initial situé en aval de l'anastomose. Si nous admettons que du sang puisse emprunter les anastomoses broncho-pulmonaires, la circulation nourricière est alors irriguée par du sang veineux mêlé. Ces conditions ne nous semblent pas favorables à la cicatrisation d'une anastomose bronchique.

Pour expliquer l'absence de lésions de type ischémique au niveau des grosses bronches et l'évolution favorable de l'anastomose bronchique après réimplantation pulmonaire, il nous est apparu qu'il fallait envisager la possibilité d'une revascularisation à partir du bout cen-

tral. Nous avons pensé que l'anastomose bronchique pouvait être le siège d'une néo-vascularisation, vraisemblablement très précoce, apportant l'oxygène et les éléments nutritifs nécessaires à la survie de la portion de bronche privée de circulation nourricière. C'est pour vérifier cette hypothèse que nous avons entrepris l'expérimentation dont nous allons rapporter la technique et les résultats.

Etude expérimentale

Notre expérimentation est simple. Elle consiste, dans un premier temps, à faire l'autogreffe d'un segment isolé de grosse bronche et, dans un second temps, à mettre en évidence la revascularisation de ce greffon.

Le temps opératoire initial comporte une pneumonectomie gauche, le prélèvement d'un segment de la bronche souche et de sa première division, la fermeture de ce segment en cul-de-sac et sa réimplantation au moignon bronchique. Ce segment bronchique greffé se trouve privé de toute circulation nourricière et de toute possibilité d'irrigation sanguine à partir de la circulation fonctionnelle. Cette autogreffe est ainsi placée dans des conditions de nutrition encore plus mauvaises que les conditions de nutrition dans lesquelles sont placées la bronche principale et l'anastomose broncho-bronchique d'un greffon pulmonaire total.

Le second temps consiste à étudier la revascularisation du greffon bronchique qui, paradoxalement, a, dans tous nos cas, conservé sa vitalité par une injection vasculaire de la pièce faite au moyen d'une substance colorée et opaque aux rayons X.

PREMIER TEMPS

Technique opératoire

Les chiens sont anesthésiés par une injection intra-veineuse de pentothal ; ils sont intubés et ventilés en pression positive par un respirateur ; ils ne sont ni transfusés, ni perfusés ; ils sont réveillés sur table en fin d'opération.

La voie d'abord est une thoracotomie gauche antéro-latérale au bord supérieur de la sixième côte.

La pneumonectomie et la préparation du segment bronchique destiné à être greffé sont menées simultanément.

Le temps vasculaire chez le chien est rapide ; l'artère pulmonaire gauche et les trois veines pulmonaires sont facilement disséquées, liées et sectionnées ; nous évitons soigneusement de blesser le mince feuillet pleural qui sépare les deux hémithorax.

Figure 1 : Schéma de l'opération
Le greffon bronchique « libre »,
prélevé sur la pièce de pneumonectomie,
est réimplanté sur la bronche souche

La dissection de la bronche doit être faite avec beaucoup de soin. La bronche lobaire supérieure, puis la bronche intermédiaire sont isolées sur 1 cm environ, en aval de la bifurcation de la bronche souche gauche ; pour isoler cette dernière, il faut disséquer la lame tissulaire porte-vaisseaux qui engaine la bronche et la réséquer ; la dissection

de cette lame est faite au contact de la paroi bronchique, de la périphérie vers la carène. C'est surtout à la face postérieure de la bronche souche que l'on est amené, en réséquant cette lame, à lier des vaisseaux qui sont, certainement, des vaisseaux bronchiques, mais qu'il est difficile d'identifier comme étant les troncs des artères bronchiques gauches.

Les bronches lobaire supérieure et intermédiaire sont sectionnées et le poumon est retiré.

Le segment bronchique à greffer est maintenant préparé en fermant les extrémités des deux bronches de division et en sectionnant la bronche souche. Les deux extrémités bronchiques sont suturées par des points séparés ou par deux points transfixiants et un nœud de « meunier » ; la parfaite étanchéité de la suture est systématiquement vérifiée. La bronche souche gauche est coupée à 0,5 ou à 1 cm en aval de son origine. Le greffon ainsi obtenu comprend, en moyenne, 1 à 2 cm de bronche souche et 1 à 1,5 cm de bronche lobaire supérieure et de bronche intermédiaire.

Le greffon est maintenant anastomosé au moignon bronchique ; la suture est effectuée par des points séparés très rapprochés au fil de soie 000 ou 0000 ; nous prenons peu de tissu de part et d'autre de la section ; les fils sont peu serrés pour éviter de couper les plaques cartilagineuses et sont noués à l'extérieur.

Au début de notre expérimentation, l'étanchéité bronchique, pendant le temps de confection de l'anastomose, était assurée par un clamp souple ; à partir du quatrième chien, nous avons demandé à l'anesthésiste de pousser sa sonde d'intubation dans la bronche droite ; il y a très souvent des fuites, mais l'hyperventilation en oxygène pur permet au chien de bien supporter le temps de réimplantation dont la durée ne dépasse pas quinze minutes.

L'étanchéité de l'anastomose est soigneusevent vérifiée ; l'hémostase est contrôlée ; le thorax est refermé plan par plan sans drainage.

DEUXIEME TEMPS

Injection vasculaire de la pièce

1) La solution injectée :

Notre expérimentation ayant pour but de mettre en évidence une éventuelle revascularisation du moignon bronchique réimplanté, nous avons cherché une substance capable d'injecter de très petits vaisseaux, de s'y maintenir, d'être visible à l'œil nu et au microscope, et enfin d'être opaque aux rayons X.

Notre choix s'est fixé sur une solution de gélatine à 10 %, colorée par une suspension de minium. La solution de gélatine est préparée à une température de 50°. La suspension de minium est composée de 10 g d'oxyde de plomb pour 100 ml d'eau distillée. Cette solution est ajoutée à la précédente quelques instants avant l'injection. Nous préparons en moyenne 400 cm^3 de solution.

2) L'appareil d'injection :

Il faut injecter le produit opaque sous une pression suffisante pour obtenir une bonne injection, mais aussi, sous une pression contrôlée, afin d'éviter de provoquer la rupture des vaisseaux de petit calibre. Nous faisons notre injection sous une pression égale à la pression aortique en utilisant un système inspiré de l'appareil employé par Cudkowicz en 1951.

De l'air comprimé est insufflé à l'intérieur d'un ballon en verre. Une soupape permet de régler la pression dans le récipient. Un manomètre à mercure, branché en dérivation, contrôle la pression que nous maintenons entre 90 et 120 mm de mercure. La pression est transmise dans un second ballon qui contient le mélange à injecter. Un bain-marie maintient le mélange injectable à une température de 50°. Un tube en verre plonge au fond de ce récipient ; son extrémité supérieure est reliée à un tuyau souple qui se termine par une canule destinée à être introduite dans l'artère sous-clavière gauche.

3) Préparation de l'animal - Technique de l'injection - Prélèvement de la pièce :

L'animal est endormi au pentothal, intubé et ventilé. Une perfusion d'héparine est installée. La thoracotomie reprend la voie d'abord précédente. Le chien est saigné à blanc pendant que l'on poursuit la perfusion, afin de chasser le sang des vaisseaux et des capillaires. L'animal sacrifié est alors prêt pour l'injection vasculaire.

L'injection vasculaire doit, essentiellement, intéresser les artères bronchiques. Le cathétérisme électif de ces dernières étant très délicat, nous avons préféré isoler le segment de l'aorte qui donne naissance aux vaisseaux bronchiques et pousser l'injection dans ce segment aortique. L'injection est faite la pièce restant en place.

L'aorte est liée immédiatement au-dessus du diaphragme. Le tronc brachio-céphalique droit et l'artère carotide gauche sont liés. L'artère sous-clavière gauche est disséquée, liée le plus haut possible et sectionnée en amont ; la tranche inférieure de section est repérée par deux fils. Dans les deux premières expériences, nous avons lié toutes les artères intercostales et l'aorte à son origine dans le péricarde.

Ensuite, nous avons abandonné la ligature des artères intercostales et nous avons fait confiance aux valvules sigmoïdes pour obturer l'aorte à son origine. Nous injectons la pièce quand toutes les ligatures sont posées, par l'artère sous-clavière gauche. Lorsque l'aorte est bien tendue, nous remplissons le thorax avec de l'eau glacée pour solidifier la gélatine.

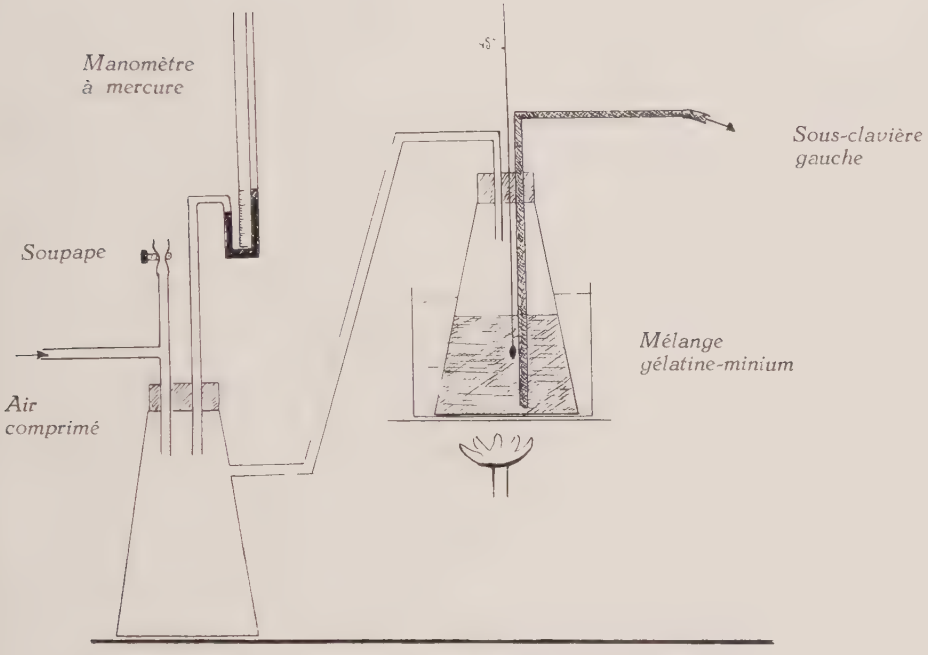

Figure 2 : Schéma de l'appareil utilisé pour l'injection de la pièce

La pièce, composée de la trachée, du poumon droit, du greffon bronchique, du cœur et de l'aorte thoracique, est prélevée dix à douze minutes plus tard ; elle est radiographiée, puis fixée dans du liquide de Larsen.

RESULTATS

Notre expérimentation porte sur 12 chiens. Sur ces 12 animaux, nous déplorons 2 morts. Le chien n° 3 est mort d'un surdosage anesthésique. Le chien n° 11 est mort douze jours après avoir subi la réimplantation d'un greffon bronchique. Lors de l'intervention, cet animal avait une pleurésie séro-fibrineuse gauche ; les suites immédiates avait été, pourtant, normales ; la mort est survenue brusquement, précédée par un épisode fébrile. A l'autopsie, l'hémithorax gauche était sec ; le greffon bronchique avait son aspect habituel ; il n'y avait ni fistule bronchique, ni rétention purulente dans le moignon ; le poumon droit paraissait altéré, mais la mort de l'animal remontait à quarante-huit heures et les conditions de conservation n'autorisaient pas un prélèvement pour examen histologique. Nous ignorons la cause de la mort, mais la greffe de la bronche souche n'en est pas directement responsable.

Les suites opératoires chez les 10 autres chiens ont été très simples ; pas de fièvre, pas de toux, pas de dyspnée, pas d'asthénie, aucune complication. Nous avouons avoir été très surpris par la grande simplicité de ces suites, car nous redoutions l'apparition de complications en rapport avec la fistulisation du greffon ; celui-ci était, en effet, placé dans des conditions telles que toutes les causes pouvant en amener la fistulisation étaient réunies. Il n'était plus du tout vascularisé. Il était réuni au moignon bronchique central par une anastomose dont la tranche inférieure n'était plus vascularisée. Il constituait un cul-de-sac long de 2 à 3 cm dans lequel devaient s'accumuler les sécrétions et se développer une surinfection.

La crainte de voir survenir des complications qui nous paraissaient presque fatales (pneumothorax, pleurésie purulente en rapport avec une désunion bronchique) nous a fait sacrifier notre premier chien dix jours après son opération. Notre surprise fut grande lorsque, à l'ouverture du thorax de cet animal, nous avons trouvé un moignon bronchique cicatrisé, rétracté sur lui-même, mais dont l'extrémité était saillante dans l'hémithorax déshabité. La dissection de la pièce nous montra que le greffon bronchique était bien conservé, qu'en particulier sa muqueuse était d'aspect macroscopiquement normal et qu'il n'y avait ni sécrétions ni pus dans le cul-de-sac bronchique.

Le chien n° 12 est conservé vivant.

Les 8 autres chiens ont été sacrifiés entre le dix-septième et le vingt et unième jour après l'opération. Les constatations faites à l'ouverture du thorax et les résultats des examens macroscopiques, radiologiques et histologiques des pièces chez ces chiens ont été presque toujours les mêmes. En voici le détail :

1) A L'OUVERTURE DU THORAX :

L'hémithorax gauche était libre et ne contenait pas de liquide ; le moignon bronchique était parfaitement étanche ; dans 5 cas, ce moignon était saillant dans la cavité déshabitée ; dans les autres cas, il était rétracté dans le médiastin et il n'était repérable que par les fils qui fermaient l'extrémité des deux bronches lobaire supérieure et intermédiaire.

2) EXAMEN MACROSCOPIQUE :

L'aspect extérieur du moignon est considérablement modifié. La paroi bronchique est recouverte d'une épaisse coque blanchâtre qui l'enrobe entièrement ; cette coque constitue sur l'extrémité une espèce de coiffe qui lui confère un aspect arrondi ; il faut noter que cette coque est d'autant plus épaisse que le prélèvement a été plus précoce. Elle était particulièrement épaisse chez l'animal n° 1 qui fut sacrifié le dixième jour. Avec le temps, elle semble s'organiser en un tissu dense et scléreux.

L'examen de l'anastomose a montré dans 2 cas un certain degré de sténose. Il se trouve que ces sténoses ont été observées dans nos deux premiers cas et que, dans ces cas, nous avions clampé la bronche au moyen d'un clamp métallique pour assurer l'étanchéité pendant le temps de confection de l'anastomose. Pour les animaux suivants où le calibre de l'anastomose était satisfaisant, le clampage de la bronche avait été remplacé par l'intubation de la bronche droite.

La section longitudinale de la bronche greffée montre que son calibre intérieur est normal. Le plus frappant est l'aspect de la muqueuse ; celle-ci est souple, ne présente pas d'ulcération et, surtout, a conservé sa coloration normale.

Il faut noter également que le greffon rétracté a gardé un certain degré d'élasticité, malgré sa rétraction.

La mise en évidence d'une revascularisation a été le but de ces expériences. Grâce à l'injection colorée, des vaisseaux sont vus dans le greffon, à l'œil nu et à la loupe. Chez les chiens n^{os} 5, 6, 8, 9 et 10, on suit aisément le fin tracé de vaisseaux injectés, particulièrement nets sous l'épithélium bronchique ; extérieurement, après une dissection de la bronche au plus près de sa paroi, on découvre

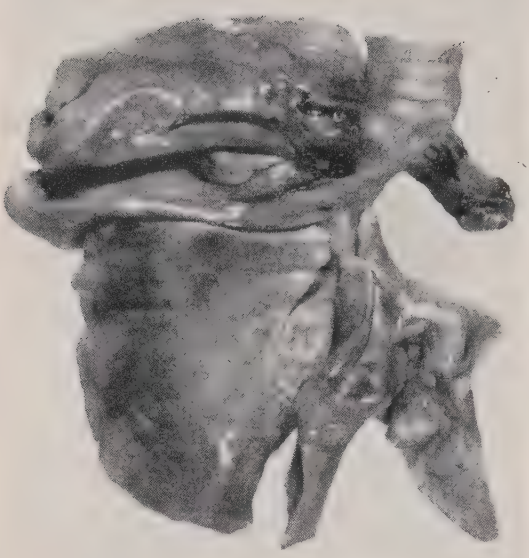

Figure 3 : Vue d'ensemble de la pièce. Ce moignon bronchique était long de 2,5 c (*Chien n° 4*).

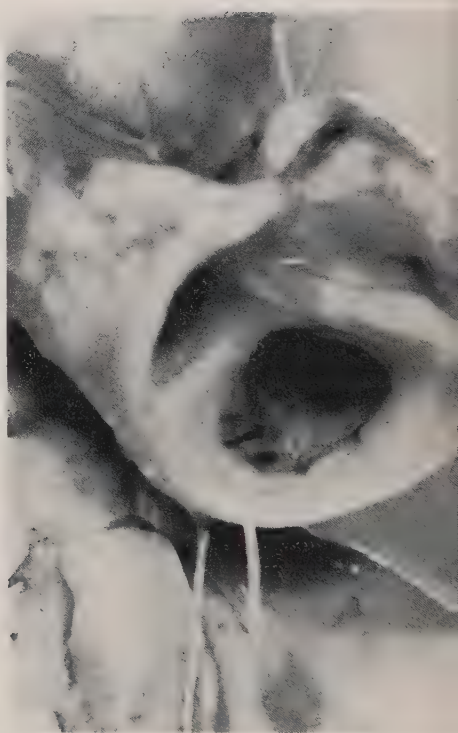

Figure 4 : Cette photographie montre l'as intérieur de l'anastomose et du greffon b chique. On notera l'absence de sténose (*Chien n° 10*).

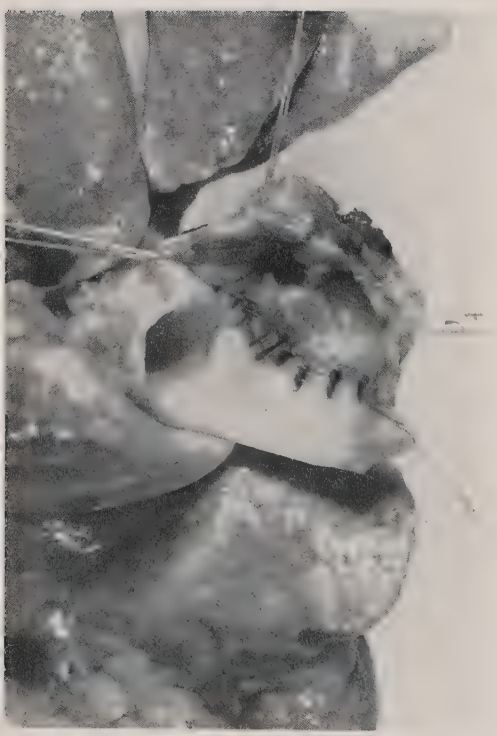

Figure 5 : Le greffon incisé longitudinale présente sa face muqueuse. On voit que l'a tomose de réimplantation est située au ra la carène et que le greffon comporte la pren division bronchique (*Chien n° 10*).

également des ramifications vasculaires. Dans les cas n^{os} 8, 9 et 10, ces ramifications peuvent être poursuivies jusqu'à l'extrémité du greffon. Cette revascularisation paraît se faire, essentiellement, à partir du segment proximal de la bronche souche ; des néo-vaisseaux, issus des ramifications intra-bronchiques des artères bronchiques, franchissent l'anastomose et vont irriguer le greffon. Quelques artérioles proviennent des tissus péri-bronchiques et du médiastin.

3) Examen radiologique :

Toutes nos pièces ont été injectées par le mélange gélatine-minium. Huit seulement ont pu être radiographiées. Dans 2 cas, les clichés sont difficiles à interpréter du fait d'une injection de mauvaise qualité ; nous ne pouvons faire état que de 6 pièces correctement radiographiées.

Pour éviter les superpositions, les radiographies doivent être prises après une dissection qui ne conserve de la pièce prélevée que l'arbre trachéo-bronchique et le poumon droit. Deux incidences sont utilisées : le premier cliché est pris de face, la pièce posée à plat sur la plaque ; le second cliché est pris en disposant la trachée perpendiculairement à la plaque (le rayon est parallèle à l'axe longitudinal de la trachée).

Sur les pièces correctement préparées, on voit du côté droit les artères bronchiques et leurs ramifications dessiner les axes broncho-artériels. Du côté gauche, on voit les premiers millimètres des artères bronchiques qui s'arrêtent près de la carène ; mais on distingue dans la paroi du greffon un fin réseau vasculaire qui va jusqu'à son extrémité. Ce réseau vasculaire paraît continuer celui que l'on voit dans la paroi bronchique proximale, à l'origine de la bronche souche.

4) Examen histologique :

Dès son prélèvement, la pièce est fixée dans du liquide de Larsen. Les colorations sont effectuées par la solution de Weigert, l'hématoxyline, l'érythrosine et le safran.

Les aspects microscopiques des différentes pièces sont assez semblables. Selon la date du prélèvement de la pièce, on peut noter des modifications histologiques qui permettent de distinguer deux stades évolutifs.

Pendant la période initiale, il existe des signes de souffrance tissulaire : les limites cellulaires sont floues, le revêtement épithélial est irrégulier et il fait défaut par endroits. La couche sous-muqueuse est le siège d'un œdème important avec des petites plages d'infarcissement. Cet aspect est celui que l'on observe au dixième jour.

Figure 6 : Le cliché est pris avec l'axe trachéal dressé perpendiculairement à la plaque. Les artères bronchiques droites suivent les travées broncho-vasculaires qu'elles dessinent. Le greffon bronchique gauche présente des petits vaisseaux qui sont visibles jusqu'à l'extrémité du moignon (*Chien n° 6*).

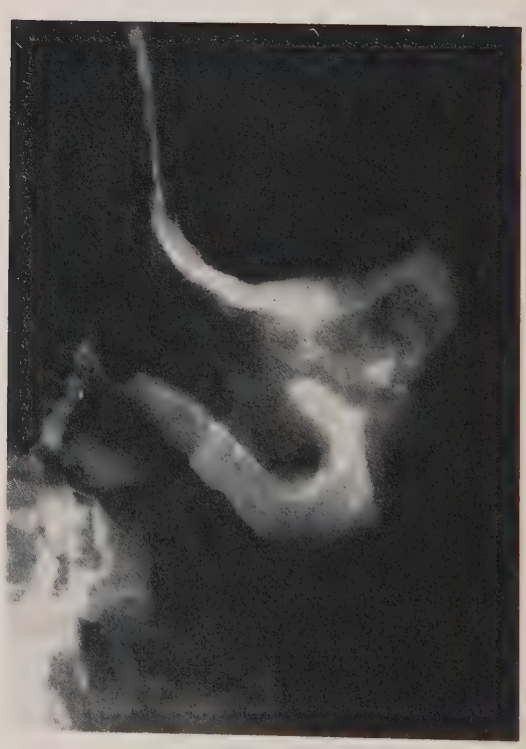

Figure 7 : Cliché radiographique du greffon bronchique après injection par le mélange gélatine-minium. Le cliché, pris de face, est aggrandi. On notera que dans la paroi épaissie du greffon il y a de nombreux vaisseaux qui sont visibles jusqu'à son extrémité (*Chien n° 8*).

Les coupes des pièces prélevées au-delà du quinzième jour montrent la régression des phénomènes œdémateux. La paroi du greffon est épaissie par une couche périphérique de tissu conjonctif, mais les structures essentielles de la bronche sont conservées. La muqueuse ne présente aucune altération importante ; l'épithélium réalise un revêtement continu. La zone de l'anastomose est le siège de modifications d'ordre traumatique, mais là encore les structures pariétales sont conservées. A la troisième semaine, il n'existe pas de différence notable entre les deux lèvres de l'anastomose.

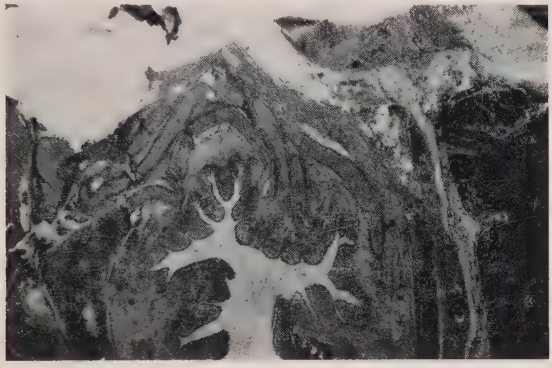

Figure 8 : Coupe histologique. Les structures essentielles du greffon sont conservées. Les vaisseaux de la paroi contiennent de nombreux grains d'oxyde de plomb (*Chien n° 7*).

Enfin et surtout, l'examen histologique confirme la présence d'une abondante vascularisation dans toute l'épaisseur de la bronche greffée. Cette vascularisation, plus ou moins développée selon la date du prélèvement, va jusqu'à l'extrémité du greffon. De nombreux vaisseaux contiennent des grains d'oxyde de plomb.

Voici, résumés, nos 12 cas expérimentaux.

- **Chien n° 1**

Longueur du greffon : 2 cm. Sacrifice de l'animal au dixième jour. Greffon non nécrosé, rétracté dans le médiastin. Sténose partielle de l'anastomose. Histologie : le greffon conserve ses structures essentielles. Œdème important de la sous-muqueuse. Le revêtement épithélial est discontinu. Œdème cellulaire. Pas de sphacèle. Les phé-

nomènes inflammatoires consistent surtout en une sorte de coiffe épaisse faite de sérosité coagulée pratiquement acellulaire qui entoure de toutes parts le moignon. C'est à la périphérie de cette coiffe que s'est édifiée une sorte de membrane plus cohérente où l'on distingue les éléments d'un mésenchyme jeune et surtout un très abondant réseau capillaire sanguin. Quelques-uns de ces néo-vaisseaux contiennent des grains de minium et ceci à l'extrémité même du moignon.

- **Chien n° 2**

Longueur du greffon : 2 cm. Sacrifice de l'animal au dix-septième jour. Greffon saillant dans l'hémithorax déshabité. Sténose partielle de la zone anastomotique. Histologie : le greffon est recouvert par une zone de conjonctif dense. Réaction œdémateuse discrète. On retrouve quelques vaisseaux en périphérie, mais sans trace d'injection. Clichés radiologiques mauvais.

- **Chien n° 3**

Greffon de 2 cm. Mort de l'animal le premier jour : surdosage anesthésique. Autopsie : ni fistule, ni nécrose du greffon.

- **Chien n° 4**

Greffon de 2,5 cm. Sacrifice au dix-huitième jour : la greffe a un aspect normal. L'anastomose est perméable, sans sténose. Le cul-de-sac ne contient pas de pus. Examen radiologique : quelques petits vaisseaux sont visibles dans la paroi du greffon. Histologie : la conservation des tissus est excellente. Il y a une grosse coiffe de sérosité coagulée très largement pénétrée par des cellules jeunes. En bordure, on observe une forte organisation conjonctive qui progresse vers le fond. Il y a des vaisseaux injectés dans la paroi de la bronche proximale. On en retrouve également dans la paroi du greffon.

- **Chien n° 5**

Greffon de 3 cm. Sacrifice le dix-huitième jour. La radio montre des vaisseaux injectés dans la paroi du greffon. Histologie : il y a des vaisseaux injectés par le mélange gélatine-minium dans toute l'épaisseur de la paroi du greffon.

- **Chien n° 6**

Greffon de 3,5 cm. Sacrifice le dix-septième jour. Les clichés radiologiques montrent des vaisseaux injectés jusqu'à l'extrémité du greffon. Histologie : les tissus sont très bien conservés. Il existe une

vascularisation très abondante par des vaisseaux de tout calibre. On les retrouve dans toute l'épaisseur de la paroi bronchique. Ces vaisseaux sont pratiquement tous injectés par la gélatine-minium.

- **Chien n° 7**

Greffon de 3,5 cm. Sacrifice de l'animal au dix-septième jour. Les clichés radio montrent des vaisseaux jusqu'à l'extrémité de la greffe. Histologie : les différents tissus du greffon sont dans un état de conservation parfaite. Il y a de très nombreux vaisseaux ; beaucoup contiennent des grains de plomb.

- **Chien n° 8**

Greffon de 3,5 cm ; ce chien fut sacrifié au vingt et unième jour. Zone anastomotique très légèrement rétrécie. L'épaisseur des parois du greffon est importante ; le cul-de-sac est sec. Radio : vaisseaux visibles sur toute la longueur de la greffe. Histologie : les différents éléments structuraux de la paroi du greffon sont bien conservés. Les phénomènes inflammatoires sont moins importants que dans les autres cas où l'animal a été sacrifié plus précocement. On retrouve de très nombreux vaisseaux dans la paroi du greffon. La plupart d'entre eux contiennent des grains d'oxyde de plomb. La zone de l'anastomose présente des modifications structurales de type traumatique, mais les tissus y sont également en excellent état de conservation. On y voit quelques vaisseaux injectés par la gélatine-minium.

- **Chien n° 9**

Greffon de 4 cm. Animal sacrifié au dix-septième jour. Aspect macroscopique parfait. Au niveau de l'anastomose, on voit des vaisseaux, colorés par le plomb, franchir la zone de réimplantation et se poursuivre jusqu'à l'extrémité du greffon.

- **Chien n° 10**

Greffon de 2,5 cm. Sacrifice au seizième jour. La pièce a été injectée, mais il n'a été pratiqué ni radio ni examen histologique. Le greffon était parfaitement conservé. Pas de sténose de l'anastomose (voir photographies).

- **Chien n° 11**

Greffon de 3 cm. Cet animal est mort au douzième jour. Autopsie : ni fistule bronchique, ni nécrose du greffon ; la mort de ce chien est inexpliquée.

• **Chien n° 12**

Greffon de 3 cm. Les suites opératoires ont été simples jusqu'à ce jour, deux mois après l'opération.

* *

Nos constatations expérimentales cliniques, nécropsiques, radiologiques et histologiques montrent qu'un autogreffon bronchique, totalement privé de circulation sanguine, conserve sa vitalité lorsqu'il est réimplanté sur la bronche souche. Après une période initiale marquée par des signes histologiques de souffrance, les différentes structures de la paroi bronchique reprennent un aspect sensiblement normal au début de la troisième semaine. Nous avons constaté que la berge inférieure de l'anastomose bronchique et tout le greffon sont revascularisés à partir des rameaux intra-pariétaux de la bronche souche. C'est à partir de ces rameaux artériels que s'établit une néo-circulation qui franchit l'anastomose pour aller irriguer le greffon. Cette vascularisation née de la circulation systémique, apporte au greffon du sang oxygéné ; elle est probablement très précoce et elle explique que, dans notre expérimentation, l'anastomose cicatrise normalement et que le greffon puisse survivre.

Notre greffon libre se comporte comme une greffe qui est réhabitée. Il ressemble en cela aux greffes libres cutanées et osseuses. Pourtant, il existe une différence importante entre la peau et l'os d'une part, et la bronche d'autre part ; les deux premiers sont des tissus simples, la troisième est constituée de plusieurs structures histologiques.

Une grosse bronche comme celle que nous avons greffée comporte : une muqueuse formée par l'épithélium, un chorion conjonctivo-élastique, une couche musculaire lisse, une couche sous-muqueuse et une gaine fibro-cartilagineuse. L'activité nutritive des cartilages est très restreinte ; mais les éléments constitutifs de la bronche ont, à l'état normal, un système vasculaire nourricier.

Quand on greffe un fragment bronchique, ce système vasculaire n'est plus alimenté. Il en résulte une ischémie et une anoxie tissulaires. Il faut admettre que l'autogreffon bronchique peut survivre à un arrêt total de circulation sanguine pendant le temps nécessaire au développement d'une néo-circulation qui fait disparaître les signes de souffrance tissulaire et évite la nécrose.

L'absence de fistule bronchique constitue la seconde constatation surprenante de notre expérimentation, même quand on sait que la revascularisation évite la nécrose du greffon. Notre technique opé-

ratoire comporte trois risques de fistule : l'anastomose et la fermeture des deux bronches lobaire supérieur et intermédiaire. Sur 11 chiens, nous excluons le n° 3 mort trop tôt, nous n'avons aucune fistule bronchique. Pourtant, notre greffon forme un cul-de-sac de 2 à 4 cm où la stase des sécrétions pourrait entraîner suppuration et fistulisation. Nous pensons que le fait d'opérer sur des bronches saines est un élément particulièrement favorable à la réussite de nos expériences. La constitution de la bronche du chien nous a peut-être également favorisés.

L'autogreffe bronchique libre, l'arbre bronchique du greffon pulmonaire, la bronche restante après résection-anastomose bronchique et leurs anastomoses respectives se trouvent placés, comme nous l'avions dit antérieurement, dans des conditions de nutrition similaires ; les constatations faites à propos de l'autogreffe peuvent donc être reportées sur les autres éléments bronchiques et leurs anastomoses, et être utilisées pour en expliquer la vascularisation.

1) Dans les greffes du poumon :

L'hypothèse que nous avions émise au début de cette étude sur le mode de vascularisation probable de l'arbre bronchique du poumon greffé se trouve justifiée par la survie dans 100 % des cas de notre autogreffe bronchique libre. Comme il était logique de le penser, la vascularisation de l'arbre bronchique et de son anastomose broncho-bronchique est assurée par une néo-circulation. Cette néo-circulation prend sa source dans la circulation caréno-bronchique, traverse l'anastomose dont elle irrigue la tranche inférieure et se répand sur tout le reste de l'arbre bronchique ; cette néo-circulation se développe suffisamment vite pour éviter la survenue de lésions irréversibles de la paroi bronchique.

Le fait que la cicatrisation de l'anastomose de l'autogreffe au moignon bronchique se soit faite sans fistule dans 100 % des cas, et sans rétrécissement dans 80 % des cas, est très rassurant pour l'évolution des anastomoses des greffons pulmonaires. Si les expérimentateurs ont eu quelques fistules, celles-ci ne sont probablement pas d'origine vasculaire. Nous pensons que la survenue d'une sténose bronchique doit faire rechercher sa cause plutôt dans une malfaçon de l'anastomose ou dans l'écrasement de la bronche souche par un clamp que dans un défaut de vascularisation.

La certitude du développement d'une néo-circulation efficace au niveau de l'anastomose encourage, dans les opérations de greffe pul-

monaire, à poursuivre la technique jusqu'ici pratiquée qui ne rétablit pas la circulation dans le pédicule nourricier bronchique. Ceci est heureux, car le rétablissement de la circulation bronchique compliquerait beaucoup la technique opératoire.

2) Dans les résections-anastomoses bronchiques :

Dans les résections-anastomoses, la tranche inférieure de l'anastomose et la bronche restante ne sont plus vascularisées par le pédicule bronchique qui a été sectionné lorsque la bronche souche a été coupée et nettoyée ; elles ne sont pas vascularisées utilement, quoi qu'on puisse en penser au premier abord, par les anastomoses artères pulmonaires - artères bronchiques qui n'apportent que du sang désaturé en oxygène. La situation vasculaire dans les résections-anastomoses est, peut-être, moins précaire que la situation vasculaire dans les greffes du poumon ; en effet, il est possible qu'une circulation bronchique accessoire se fasse par les vaisseaux sous-pleuraux et les vasa vasorum. Les constatations expérimentales que nous avons faites rassurent de toute façon sur la vascularisation de l'anastomose. Si la circulation bronchique suppléante ne suffisait pas, le développement d'une néo-circulation partant du moignon bronchique central assurerait la cicatrisation de l'anastomose ; d'ailleurs, en chirurgie humaine, ces anastomoses ont été suivies de bons résultats et de bonnes cicatrisations.

3) Dans les sutures de moignon bronchique :

En pratique chirurgicale humaine, il est habituel de fermer le moignon bronchique en évitant le moindre cul-de-sac. Cette suture, si soigneuse soit-elle, n'évite pas toujours les fistules. Si l'on en croit nos constatations, la fistulisation ne doit pas être la conséquence d'un seul trouble vasculaire. Elle doit surtout être en rapport avec des altérations de la paroi bronchique, altérations qui sont peut-être elles-mêmes à l'origine de troubles vasculaires.

CONCLUSIONS

La greffe pulmonaire rétablit la circulation fonctionnelle du poumon, mais elle néglige la circulation nourricière. L'arrêt de la circulation artérielle bronchique ne semble avoir aucun effet sur la vitalité du greffon ; c'est ce fait surprenant qui nous a incité à réaliser le travail que nous avons présenté.

Dans le poumon normal, l'oxygénation des structures du parenchyme est effectuée par diffusion de l'oxygène alvéolaire et, dans une faible proportion, par la circulation fonctionnelle. L'oxygénation de la partie extra-pulmonaire des grosses bronches et des travées broncho-vasculaires du poumon est assurée par les artères bronchiques.

Le travail que nous avons effectué s'est proposé d'étudier les possibilités de revascularisation d'un segment bronchique totalement privé de circulation sanguine.

Notre technique expérimentale a consisté à réimplanter sur la bronche souche un segment de bronche extra-pulmonaire prélevé sur une pièce de pneumonectomie gauche et à étudier la vascularisation du greffon.

Notre étude a porté sur 12 chiens. Nous avons eu 2 décès non imputables au geste chirurgical. Les suites opératoires des 10 autres chiens ont été simples et nous n'avons observé ni fistule bronchique, ni nécrose du greffon. Dans tous nos cas, l'état de conservation de l'autogreffon était excellent. A l'examen histologique, les différentes structures étaient parfaitement conservées.

La mise en évidence de la revascularisation du greffon a été le but de ces expériences. L'injection de gélatine-minium nous a montré, dans la paroi de la bronche greffée, une importante vascularisation. Le développement d'une néo-circulation, franchissant la zone anastomotique, permet au sang oxygéné qui circule dans les rameaux artériels de la paroi bronchique proximale d'aller irriguer la paroi du

greffon. Cette néo-circulation est l'élément fondamental qui contribue à la conservation du greffon et à l'évolution favorable de l'anastomose bronchique.

Dans la greffe pulmonaire, nous pensons qu'il y a deux processus d'oxygénation du greffon. Les structures parenchymateuses bénéficient, comme celles d'un poumon normal, de l'oxygène alvéolaire. La zone infra-anastomotique de la bronche est irriguée en sang artériel par la néo-circulation trans-anastomotique.

La néo-circulation, dont nous avons montré l'existence chez le chien, contribue au succès de la greffe pulmonaire expérimentale et à celui des anastomoses bronchiques.

Vu, le Doyen :
BROUET

Vu, le Président de Thèse :
BAUMANN

Vu et Permis d'imprimer,
le Recteur de l'Académie de Paris :
ROCHE

BIBLIOGRAPHIE

ALICAN (F.), HARDY (J.D.). — Lung reimplantation. Effect on respiratory pattern and function. (*J.A.M.A.*, 1963, 183 : 849.)

BENFIELD (J.R.), GAGO (O.), NIGRO (S.L.), FRY (W.A.), ADAMS (W.E.). — Rôle of the adventice of the pulmonary hilum as related to the transplantation problem. (*Surg. Forum*, 1963, 14 : 198.)

BLUMENSTOCK (D.A.). — Transplantations pulmonaires. (*Ann. Chir. Thor. Cardio.*, 1966, 5 : 506.)

BOGARDUS (G.M.). — An evaluation in dogs of relationship of pulmonary, bronchial and hilar adventitial circulation to the problem of lung transplantation. (*Surg.*, 1958, 43 : 849.)

BONO DE. — Les problèmes techniques de la transplantation du poumon. (*Ann. Chir. Thor. Cardio.*, 1966, 5 : 510.)

BUCHERL (S.). — La greffe du poumon. (*Ann. Chir. Thor. Cardio.*, 1966, 5 : 520.)

CAMARRI (E.), MARINI (G.). — La circulation bronchique, à l'état normal et pathologique. (*Doin édit.*, 1965, I vol.)

CUDKOWICZ (L.), ARMSTRONG (J.B.). — Observations on normal anatomy of bronchial arteries. (*Thorax*, 1951, 6 : 343.)

— The bronchial arteries in pulmonary emphysema. (*Thorax*, 1953, 8 : 46.)

— The blood supply of malignant pulmonary neoplasm. (*Thorax*, 1953, 8 : 152.)

DELARUE (J.), SORS (Ch.), MIGNOT (J.), PAILLAS (J.). — Lésions broncho-pulmonaires et modifications circulatoires. (*Presse Médic.*, 1955, 63 : 173.)

DOR (J.), FORSTER (E.), LEBRIGAND (H.). — Ruptures traumatiques des bronches et de la trachée thoracique. (*Doin édit.*, 1964, I vol.)

ELLIS (F.H.), GRINDLAY (J.H.), EDWARDS (J.E.). — The bronchial arteries : experimental occlusion. (*Surg.*, 1951, 30 : 810.)

FABER (L.P.), PEDREIRA (S.), PEVSNER (P.), BEATTIE (E.S.). — The immediate and long term physiologic function of bilateral reimplantation lungs. (*J.T.C.S.*, 1965, 50 : 761.)

Guilmet (D.), Krakora (P.), Leiva (A.), Weiss (M.). — Contribution expérimentale à l'étude de la transplantation pulmonaire. I : La réimplantation du poumon chez le chien - Technique - Premiers résultats. (*Ann. Chir. Thor. Cardio.*, 1965, 4 : 558.)

Guiraudon (G.). — De la transplantation pulmonaire. (*Thèse*, Paris, 1965.)

Hardy (J.D.), Webb (W.R.), Dalton (M.L.), Waker (G.R.). — Lung transplantation in man : report of the initial case. (*J.A.M.A.*, 1963, 186 : 1 065.)

Hardy (J.D.), Eralsans, Webb (W.R.). — Transplantation of the lung. (*Ann. Surg.*, 1964, 160 : 440.)

Hardy (J.D.). — The transplantation of organs. (*Surg.*, 1964, 56 : 685.)

Hardy (J.D.), Eralsan (S.), Webb (W.R.). — Transplantation of the lung. (*Ann. Surg.*, 1964, 160 : 440.)

Hayek. — Ueber die precapillaren, die Arteriollen und die Teillunstellen des kleiner Arterien in der menschlichen Lunge. (*Zeit. Anat. und Entwichg.*, 1940, 110 : 587.)

Juvenelle (A.). — La réimplantation du poumon après pneumonectomie. (*Le Poumon*, 1951, 7 : 431.)

Juvenelle (A.), Citret (C.), Wiles (C.) and Stewart (J.D.). — Pneumonectomie with replantation of lung in the dog for physiologic study. (*J.T.C.*, 1951, 21 : 111.)

Kofman (J.). — La transplantation pulmonaire. (*Le Poumon et le Cœur*, 1965, 21 : 867.)

Largiarder (F.), Manax (W.G.), Lyons (G.W.), Lillehei (R.C.). — Aspects techniques de la transplantation de poumon chez le chien. (*Dis. of the Chest.*, 1966, 49 : 1.)

Latarjet (M.) et Juttin (P.). — Données nouvelles sur la circulation dans les artères bronchiques. (*Le Poumon*, 1951, 7 : 35.)

Latarjet (M.). — La circulation collatérale intra-pulmonaire dans les suppurations broncho-pulmonaires chroniques et dans la tuberculose pulmonaire. (*Lyon Chir.*, 1956, 52 : 188.)

Lempert (N.), Blumenstock (D.A.). — Survival of dogs after bilateral reimplantation of the lungs. (*Surg. Forum.*, 1964, 15 : 179.)

Magovern (G.J.), Yates (A.J.). — Human transplantation of left lung. (*Ann. of the N.Y. Acad. of Sci.*, 1964.)

Metras (H.). — Note préliminaire sur la greffe totale du poumon chez le chien. (*Compte-rendu hebdomadaire de l'Académie des Sciences*, 1950, 231 : 1 176, deuxième semestre.)

Milhiet (H.), Leroy (G.), Chartier (P.), Jager (P.). — Homogreffe pulmonaire expérimentale. Technique du côté gauche, chez le chien. (Film, Robert et Carrière, 1965.)

Miller (M.). — The Lung. (*Springfield Ill.*, 1947, I vol., deuxième édition.)

Nigro (S.L.), Evans (R.H.), Benfield (J.R.), Gago (O.), Fry (W.A.), Adams (W.E.). — Physiologic alterations of cardiopulmonary function in dogs living one and one-half year on only a reimplated right lung. (*J.T.C.S.*, 1963, 46 : 598.)

Nigro (S.L.), Evans (R.H.), Gago (O.), Mock (L.F.), Adams (W.E.). — Survie et fonction des poumons réimplantés et transplantés. (*Ann. Chir. Thor. Cardio.*, 1966, 5 : 515.)

Petrovsky (B.V.), Perelman (M.I.), Jesipova (I.K.), Rabinovitchj (J.). — La réimplantation expérimentale du poumon et sa signification clinique. (*Ann. Chir. Thor. Cardio.*, 1966, 5 : 532.)

Policard (A.). — Le Poumon. (*Masson édit.*, 1955, I vol.)

Policard (A.), Collet (A.), Martin (J.-C.). — Etudes d'histophysiologie pulmonaire. La microcirculation du poumon chez l'homme. (*La Presse Médicale*, 1965, 73 : 1 511.)

Ruysh (F.). — Epistola anatomica problematica sexta opera omnia. (Amsterdam, Bd. I, 1696, e 1 721.)

Staub (N.C.), Bishop (J.M.), Forster (R.E.). — Importance of diffusion and chemical reaction rates in 02 uptake in the lung. (*J. Appl. Physio.*, 1962, 17 : 21.)

Staub (N.C.), Storey (W.F.). — Relation between morphological and physiological events in lung studied by rapid freezing. (*J. Appl. Physio.*, 1962, 17 : 381.)

Staub (N.C.). — Alveolar arterial oxygen tension gradien due to diffusion. (*J. Appl. Physio.*, 1963, 18 : 673.)

Truxton (L.), Fefkin (P.), Tuttle (W.), Hampton (F.). — An experimental study in bronchial anastomosis. (*J.T.S.*, 1949, 18 : 630.)

Weiss (M.), Toty (L.), Guilmet (D.). — Contribution expérimentale à l'étude de la transplantation pulmonaire. (*Ann. Chir. Thor. Cardio.*, 1966, 5 : 497.)

Wood (D.A.), Miller (M.). — The rôle of the dual pulmonary circulation in various pathologic conditions of the lungs. (*J.T.S.*, 1938, 7 : 649.)

TABLE DES MATIÈRES

Première partie

Oxygénation et nutrition des éléments cellulaires et tissulaires qui constituent le poumon normal

I. — Le parenchyme pulmonaire 16
— *La paroi alvéolaire* 16
— *Les artérioles et les précapillaires* 16

II. — Les axes broncho-vasculaires 18
— *Les artères bronchiques* 18
— *La circulation de retour du sang bronchique* 20
— *Anastomoses artério-artérielles* 20

Deuxième partie

Etude expérimentale

— *Technique opératoire* 25
— *Injection vasculaire de la pièce* 27
— *Résultats* 30

Conclusions 41

Bibliographie 43

Imprimerie R. Foulon & Cie, 29, rue Deparcieux, Paris xiv^e^